

岡山大学における基幹ネットワークの構成と運用

山井 成良¹ 大隅 淑弘¹ 宮下 卓也¹ 岡本 卓爾²

¹ 岡山大学 総合情報処理センター

² 岡山大学 工学部

概要

岡山大学のキャンパスネットワーク OUnet では、基幹ネットワークとして FDDI ネットワーク、ATM ネットワークの 2 種類が利用されているが、両者間の接続箇所が少ないため多くの問題が生じていた。そこで我々はこの問題を解決するため、多くの支線ネットワークについて従来の FDDI ネットワークへの接続だけでなく、ATM ネットワークへも接続するように構成変更を行った。また、変更後の構成において、2つの基幹ネットワークのうち一方に障害が発生した場合に自動的に他方を使うように切り替えるプログラムを開発し、そのうち FDDI 優先モードについては、実際の運用によりこのプログラムが有効に動作することも確認した。

Configuration and Management of Campus Backbone Network in Okayama University

Nariyoshi Yamai¹ Yoshihiro Oosumi¹ Takuya Miyashita¹ Takuji Okamoto²

¹ Computer Center, Okayama University

² Faculty of Engineering, Okayama University

Abstract

Campus-wide Network of Okayama University, called *OUnet*, has two kinds of backbone networks, namely, FDDI networks and ATM networks. Since there exists only a few routers that connect them each other, many kinds of problems occurred. To solve the problems, we have changed the configuration of backbone networks and have developed a control program to use the secondary backbones when troubles occur on the primary backbones. We also have introduced the program to *OUnet* and have confirmed that this program on FDDI preference mode works well.

1 はじめに

岡山大学は学生数約 13,500 人、教職員数約 2,800 人、11 学部を有する比較的大規模の大学である。キャンパスは JR 岡山駅を挟んで北側に津島キャンパス(事務局, 附属図書館, 文学部, 教育学部, 法学部, 経済学部, 理学部, 薬学部, 工学部, 環境理工学部, 農学部等), 南側に鹿田キャンパス(医学部, 医学部附属病院, 歯学部, 歯学部附属病院, 医療技術短期大学部, 附属図書館鹿田分館等)があり, この他にも岡山県倉敷市の倉敷キャンパス(資源生物科学研究

所等), 鳥取県三朝町の三朝キャンパス(固体地球研究センター, 医学部附属病院三朝分院)を始め, 県の内外に合計で 10 以上のキャンパスを有する。

このうち, 津島, 鹿田の 2 大キャンパスでは教育, 研究の支援や事務処理の効率化を図るため, 平成 6 年 3 月に FDDI(Fiber Distributed Data Interface) ネットワークを基幹とするキャンパスネットワーク OUnet を導入し, 運用を開始した。その後, 平成 8 年 3 月にはマルチメディア通信に対応した ATM(Asynchronous Transfer Mode) ネットワークを津島, 鹿田, 倉敷, 三朝の 4 キャンパスに導入

し、主要部局間の高速度通信に利用している。しかし、ATM ネットワークは主としてテレビ会議などのマルチメディア通信のために導入されたため、津島、鹿田の両キャンパスではともに1箇所しかFDDI ネットワークに接続されておらず、例えばATM ネットワークをあまり有効に利用できない、ATM ルータに負荷が集中するなど様々な問題が生じていた。

そこで、我々はこれに対処するため、平成11年4月に、部局に設置されている多くの支線ネットワークを、従来のFDDI ネットワークだけでなくATM ネットワークにも接続した。また、接続変更後のネットワーク運用を支援するための制御プログラムも作成し、導入した。本稿では、両者を相互接続したネットワークの構成と運用について報告する。

2 従来の基幹ネットワーク構成と問題点

2.1 FDDI ネットワークの構成

まず、平成6年3月に導入したFDDI ネットワークの概要について述べる。

津島キャンパスでは、以前から基幹ネットワークとしてFDDI ネットワークが1系統敷設されていたが、平成6年3月に新たに3系統のFDDI ネットワークを基幹ネットワークとして導入した。各系統はそれぞれ研究系ループ、図書系ループ、事務系ループと呼ばれ、殆んどどの建物には少なくとも1系統のLIU(Loop Interface Unit)が設置された。津島キャンパス全体では、3系統合わせて47台のLIUがあり、各LIUには1~4本の10Base5が支線ネットワークとして接続された。従来のFDDI ネットワークの一部は教育系ループとして運用され、総合情報処理センターを始め、理学部、教育学部、教養部(後に環境理工学部へ改組)に設置された教育用計算機などが接続された。その後、平成11年3月までに建物の新築、改築などに伴うLIUの増減などがあったが、構成としては大きな変更はなかった。平成11年3月時点での津島キャンパスのFDDI ネットワークの構成を図1に示す。

また、鹿田キャンパスでも同様に3系統のFDDI ネットワークを導入した。LIUの台数は鹿田キャンパス全体で20台である。なお、教育系ループは鹿田キャンパスには設置されていない。

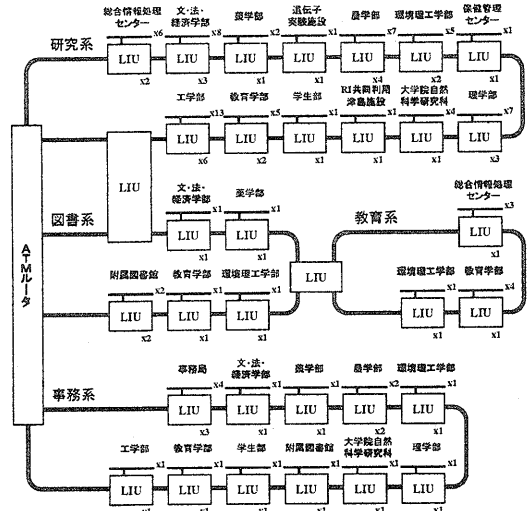


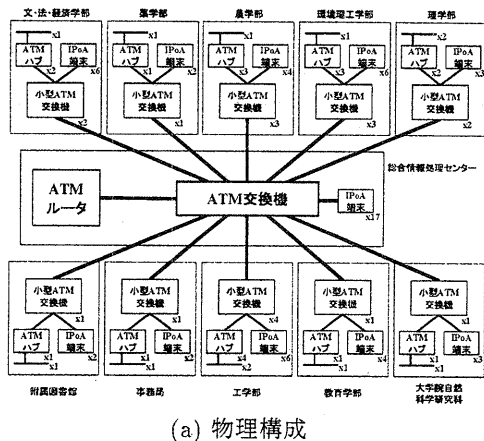
図1: 津島キャンパスのFDDI ネットワークの構成

2.2 ATM ネットワークの構成

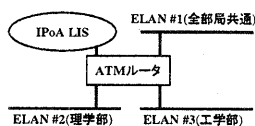
次に、平成8年4月に導入されたATM ネットワークの構成について述べる。

ATM ネットワークは、津島キャンパスでは総合情報処理センターに64ポートのATM 交換機(NEC ATOMIS7/64)、鹿田キャンパスでは歯学部32ポートのATM 交換機(NEC ATOMIS7/32)をそれぞれ1台設置し、これらが各部局の主要な建物に設置されている8ポートの小型ATM 交換機(NEC ATOMIS5)を接続する構成となっている。各小型ATM 交換機には2ポートの100BaseTX及び24ポートの10BaseTを有するATM ハブ(NEC ES10e C5000)が各1台接続され、このATM ハブに接続される計算機をLAN Emulation(LANE)方式で収容する。また、多くの部局では総合情報処理センターが管理するワークステーションやマルチメディア端末が小型ATM 交換機に接続されており、IP over ATM(IPoA)方式で他の計算機と通信できるようになっている。なお、LANE方式では、当初4つのキャンパスそれぞれにキャンパス全体をカバーするELAN(Emulated LAN)を1つずつ設定したが、後にこれらとは別に理学部と工学部にそれぞれ1つELANを増設した。また、IPoA方式では、4つのキャンパスそれぞれにLIS(Logical IP Subnet)を1つずつ設定した。

各キャンパスにはATM ルータ(NEC IP45/650



(a) 物理構成



(b) 論理構成

図 2: 津島キャンパスの ATM ネットワークの構成

表 1: ATM ネットワークの構成機器

ATM ネットワーク機器	津島	鹿田	その他
ATM 交換機	1	1	0
小型 ATM 交換機	19	3	2
ATM ルータ	1	1	2
ATM ハブ	19	6	3

SSP) が 1 台ずつ設置され、LANE や IPoA のサブネットを相互接続する役割を担った。LANE 方式では、この ATM ルータはキャンパス全体の LES/BUS(LAN Emulation Server/Broadcast Unknown Server) の役割をも果たした。更には、この ATM ルータは 3 つの FDDI インタフェースを持ち、FDDI-ATM 間を相互接続するためにも用いられた。他、キャンパス間接続及び対外 (SINET) 接続も担当した。

平成 11 年 3 月時点での津島キャンパスの ATM ネットワークの構成を図 2 に示す。また、同時点における ATM ネットワークを構成する各機器の台数を表 1 に示す。

2.3 従来のネットワーク構成の問題点

ATM ネットワークの導入以降、ATM 接続計算機の増設など多少の構成変更はあったが、平成 11 年 3 月までの間、基本的には前節で示した構成に基づき基幹ネットワークの運用を行った。その結果、以下のような問題点があることが明らかになった。

- (1) 支線ネットワークに設置された計算機と ATM ネットワークに接続された計算機は属するサブネットが異なるため、両者間の通信は、たとえ同一建物内に設置されている場合でも ATM ルータを経由する必要がある。
- (2) (1) と同様の理由により、支線ネットワークに設置された計算機を ATM ネットワークに接続先を変更する場合、以前の IP アドレスを引き継ぐことができない。
- (3) LIU 設置場所の劣悪な環境 (高温多湿で埃が多いなど) や LIU 自身の老朽化などの原因により故障が発生し、支線ネットワークがよく孤立してしまう。特に、津島キャンパスの教育系ループは敷設後約 10 年が経過しているため老朽化が著しく、同ループの支線ネットワークが頻繁に孤立する。
- (4) ATM ルータがキャンパス内に 1 つしか存在せず、かつ多くの役割を担当しているため、負荷が大きい。

このうち、(1) と (2) については、新規に導入する計算機やそれまで支線ネットワークに接続されていた計算機を ATM ネットワークに接続すると不利になることを意味し、ATM ネットワークの利用促進を妨げる要因となる。また、(3) と (4) についてはトレードオフの関係にある。すなわち、(3) の問題点を避けるためには ATM ネットワークを利用すべきであるが、多くの支線ネットワークを ATM ネットワークに接続し直すと、(4) の問題点のために逆に ATM ルータが過負荷となる。

3 基幹ネットワーク構成の変更

2.3 節で述べた問題点は、いずれも ATM ネットワークと支線ネットワークが独立しており、これらが 1 箇所のみ接続されているというネットワーク構成が主要な原因である。そこで、

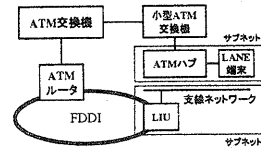
我々は以下のような基幹ネットワーク構成の変更を検討した。

- (1) FDDI ネットワークと ATM ネットワークの両方が利用可能な建物については支線ネットワークを両方に接続し、基幹ネットワークとして相互補完するようにする。
- (2) 老朽化が著しい教育系ループを廃止し、それまで教育系ループに接続されていた支線ネットワークを ATM ネットワークに收容する。

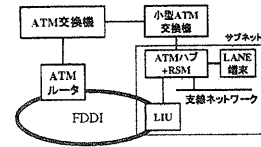
このうち、(1) については支線ネットワークを FDDI ネットワークと ATM ネットワークにどのように接続するかが問題となる。そこで我々は図 3(a) のような当時の構成からの変更方法として、図 3(b) のように、LIU をブリッジとして動作させ、ATM ハブにルートスイッチングモジュール (RSM) を追加する方法 (A 案)、及び同図 (c) のように ATM ハブと支線ネットワークを直接接続する方法 (B 案) の 2 案を検討した。

いずれの方法でも ATM ハブに接続される計算機は従来の支線ネットワークと同一サブネットに属するため、前記の問題点のうち (1) と (2) を解決することができる。また、経路制御を適切に行うことにより問題点 (3) についても改善が期待できる。問題点 (4) については A 案では各部局に経路制御機能を導入するため、従来の ATM ルータの負荷を軽減することができる。しかし、RSM は高価であるため、この方法をキャンパス全体に適用するのは財政的に困難である。一方、B 案は問題点 (4) の軽減には殆んど貢献しないが、1 箇所の接続につき 10Base5 用トランシーバ、10Base5(AUI) ポート付きハブ、10BaseT 用クロスケーブル程度のものを用意するだけでよい。費用の面ではかなり安価に済ませることができる。以上の点を勘案した結果、我々は最終的に B 案を採用し、平成 11 年 4 月に構成変更を行った。

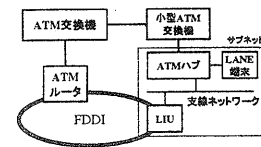
なお、問題点 (4) については、平成 11 年 9 月に LES/BUS 機能を ATM ハブに移管し、更に平成 12 年 4 月の岡山情報ハイウェイ (OKIX) との接続に伴い、津島、鹿田両キャンパスに対外接続専用ルータを導入したため、現在ではこの問題はある程度軽減されている。また、(2) の構成変更についても平成 11 年 4 月に実施し、総合情報処理センター内の教育系 LIU は図書系ループに接続変更した。



(a) 相互接続前の構成



(b) ATM ハブに RSM を追加する方法 (A 案)



(c) ATM ハブと支線を直接接続する方法 (B 案)

図 3: ATM と FDDI の相互接続

4 基幹ネットワークの障害時自動切替え

3 節で述べた B 案を検討している時点では、問題点 (3) についても経路制御を RIP (Route Information Protocol)[1] で行い¹、インタフェースのメトリック値を調整することで、例えば通常は FDDI を利用し、FDDI に障害が発生した場合のみ ATM に自動的に切り替わるように設定することができると予想していた。しかし、ATM ルータで実験を行ったところ、実際には ATM ルータに直接接続されているインタフェースはメトリック値に関わらず優先して利用され、このような設定を行えないことが判明した。すなわち、ATM ルータから見ると、支線ネットワークは LANE 方式で直接 ATM ルータに接続されるため、これに対する通信は常に ATM 経由で行われ、たとえ ATM に障害が発生しても FDDI を利用できないことになる。

そこで、我々はネットワークを監視し、状況に応

¹ 本来は支線ネットワーク上では RIP、基幹ネットワーク上では OSPF (Open Shortest Path First)[4] を用いたかったが、LIU が OSPF と RIP との混在を許さないため、できなかった。

じてLANEのインタフェースを設定変更するようなATMルーティングインタフェース制御プログラムを開発した。このプログラムは、FDDIネットワーク、ATMネットワークの双方とも障害が発生していない通常の状態、FDDIネットワークを優先して利用するモード(FDDI優先モード)とATMネットワークを優先して利用するモード(ATM優先モード)の2つのモードを持つ。以下では、各モードにおける本プログラムの動作を説明する。なお、以下の動作説明では、支線ネットワークのアドレスを150.46.XX.0/24、支線ネットワークから見たLIUのアドレスを150.46.XX.1、支線ネットワークから見たATMルーティングのアドレスを150.46.XX.2とし、また150.46.XX.0と150.46.XX.3は使われていないものとする。

4.1 FDDI優先モードでの動作

まず、FDDI優先モードの動作を述べる。このモードでは、通常ATMルーティングにおいて各支線ネットワークへのインタフェースをダウンしており、FDDIを用いて通信を行うようになっている。この状態では制御プログラムは各支線ネットワークについてFDDI経由での通信に障害がないかどうかを監視している。障害の有無は、LIUが以下の4つの条件を全て満たしているかどうかをSNMP(Simple Network Management Protocol)[2]で問い合わせ、どれか1つでも満たしていない状態が3回連続で検出されれば障害が生じていると判断する。

- (1) FDDIインタフェースに対するifAdminStatusがup(1)である。
- (2) 支線ネットワークに対するipRouteTypeがdirect(3)である。
- (3) 支線ネットワークに対するipRouteNextHopがLIU自身(150.46.XX.1)である。
- (4) デフォルトネットワーク(0.0.0.0)に対するipRouteNextHopがFDDIを経由するような値になっている。

障害が検出されると、制御プログラムは通信できない支線ネットワークに対するインタフェースをアップするようにATMルーティングの設定を変更する。また、障害が発生した旨を記録し、管理者へ電子メールで通知する。

障害検出後も制御プログラムは監視を続け、もしFDDI経由での通信が復旧した(上記の4条件を全て満たした)と判断すれば復旧した支線ネットワークへのインタフェースをダウンするようにATMルーティングの設定を変更する。この場合にも障害が復旧した旨を記録し、管理者へ電子メールで通知する。

なお、ATMルーティングでは各支線ネットワークへのインタフェースについてRIPにおけるメトリック値をFDDIインタフェースのものより十分大きくしており、ATM、FDDIがともに利用できる過渡期においてはFDDIを優先するように設定する。これにより(4)の条件を満足しているかどうかでFDDI経由での通信復旧を判断することが可能となる。

4.2 ATM優先モードでの動作

次に、ATM優先モードの動作を述べる。このモードでは、通常ATMルーティングにおいて各支線ネットワークへのインタフェースはアップしており、ATMを用いて通信を行うようになっている。この状態でも制御プログラムはFDDI優先モードと同様に各支線ネットワークについてATM経由での通信に障害がないかどうかを監視している。障害の有無は、まず、LIUがFDDI優先モードと同じ4つの条件を全て満たしているかどうかをSNMPで問い合わせ、全てを満たしている状態が検出されれば障害が生じていると判断する。

障害が検出されると、制御プログラムはATMルーティングの設定を以下のように変更した後、障害が発生した旨を記録し、管理者へ電子メールで通知する。

- (1) 当該支線ネットワークに対するATMインタフェースのサブネットマスクを/30とし、このインタフェースがLIU(150.46.XX.1)との通信以外に使われないようにする。但し、ブロードキャストアドレスは150.46.XX.255のままとする。
- (2) FDDIを含む他のインタフェースに対して、150.46.XX.0/30の経路情報をアナウンスしない²。

この状態では、ATMルーティングの経路制御表には150.46.XX.0/24と150.46.XX.0/30の両方の経路情報が存在するが、この支線ネットワークに接続さ

²多くのLIUがRIP1しかサポートしておらず、VLSM(Variable Length Subnet Mask)を理解しないため。

れる LIU 以外の計算機との通信は、前者の経路情報が用いられ、FDDI 経由に切り替えられる。

この状態においても、ATM ルータは支線ネットワークへのインタフェースを通じて他のネットワークの経路情報をアナウンスし続けているため、もし障害から復旧すると障害判定に用いた 4 つの条件が満たされなくなる。経路制御プログラムはこれを検出して元の状態に復元した後、FDDI 優先モードと同様に障害が復旧した旨を記録し、管理者へ電子メールで通知する。FDDI 優先モードとは異なり、支線ネットワークに対する ATM インタフェースをダウンしない理由は、もしこれをダウンすると ATM ネットワークの復旧を検出できないためである。

なお、LIU では FDDI インタフェースについて RIP におけるメトリック値を十分大きくしており、ATM、FDDI がともに利用できる通常時においては ATM を優先するように設定する。

4.3 本方式の評価

まず、この制御プログラムの運用結果について述べる。FDDI 優先モードについては、平成 11 年 6 月に制御プログラムを導入してから本稿執筆時点までの間に約 30 件の LIU 障害があった。このうちの多くは休日や夜間に発生しており、本プログラムが基幹ネットワークの可用性の向上に大きく貢献していると言える。なお、LIU に障害が発生してから利用する基幹ネットワークが ATM に切り替わるまでの所要時間は約 3~5 分、逆に LIU の障害が復旧してから利用する基幹ネットワークが FDDI に切り替わるまでの所要時間は約 1~3 分である。一方、ATM 優先モードについては、2.3 で述べた (4) の問題点などの理由により、適用した支線ネットワークはまだない。

次に、この制御プログラムの適用限界について述べる。このプログラムでは多くの障害に対応することができるが、対応できない障害も存在する。例えば、FDDI 優先モード導入初期に遭遇したトラブルとして、LIU と支線ネットワークとを接続する AUI ケーブルの脱落が挙げられる。その場合、4 節で述べた 4 つの条件がすべて満たされるため、支線ネットワークからは ATM 経由では通信できるにも関わらず、実際には利用する基幹ネットワークが切り替わらない。このような障害は他にもあると思われる、これらの障害にも対応できるようにすることが今後

の課題として挙げられる。

5 まとめ

本稿では、岡山大学のキャンパスネットワークの従来の基幹ネットワーク構成及びその問題点を示し、これを解決するために我々が行った基幹ネットワークの構成変更について説明した。また、変更後のネットワーク構成において、2 つの基幹ネットワークのうち一方に障害が発生した場合に自動的に他方を使うように切り替えるプログラムを開発し、そのうち FDDI 優先モードについては、実際の運用によりこのプログラムが有効に動作することも確認した。このような外部プログラムによるネットワーク機器の自動制御は、既存の経路制御技術では扱えない複雑な問題に対処するための有効な手段であり、岡山大学だけでなく他の大学・企業等におけるネットワークの運用にも適用可能であると思われる。

今後の課題としては、変更後のネットワーク構成において更に運用実績を積み、ATM ハブの有効利用を図ることが挙げられる。また、全ての支線ネットワークは現在は FDDI 優先モードで運用されているが、今後は一部の支線ネットワークについては ATM 優先モードを導入し、その有効性を評価したい。更には、4.3 節で述べた点についても本プログラムで対応可能な障害を増やし、基幹ネットワークの更なる安定運用を目指したい。

参考文献

- [1] C. Hedrick, Routing Information Protocol, RFC 1058, 1988.
- [2] J. Case, M. Fedor, M. Schoffstall, J. Davin, A Simple Network Management Protocol (SNMP), RFC 1157, 1990.
- [3] K. McCloghrie, M. Rose, Management Information Base for Network Management of TCP/IP-based internets, RFC 1156, 1990.
- [4] J. Moy, OSPF Version 2, RFC 2328, 1998.